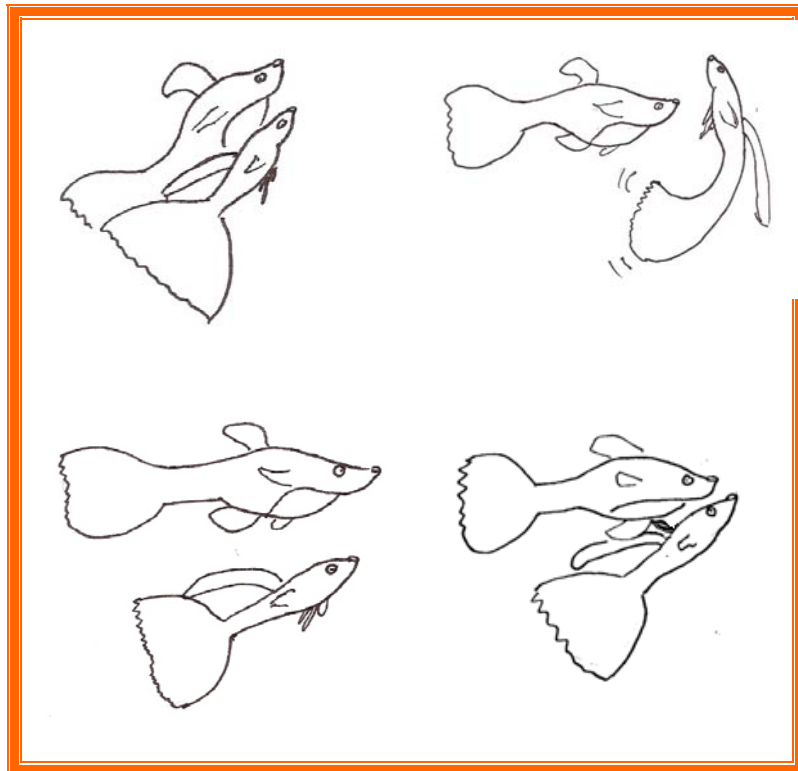


Liceo cantonale Lugano 1

LE BASI BIOLOGICHE DELLA  
COMUNICAZIONE CELLULARE E DEL COMPORTAMENTO ANIMALE

LA RIPRODUZIONE NEI GUPPIES (*Poecilia reticulata*)



Docenti responsabili:

Prof. Luca Tito Bertini  
Prof.ssa Manuela Varini  
Prof. Luca Paltrinieri

Lavoro di maturità di:  
Claudia Streit

Anno 2009/2010

## **Abstract**

In questo lavoro di maturità si è voluto analizzare la riproduzione della specie *Poecilia reticulata*. Per svolgere questo studio si è diviso il compito in tre esperimenti. Con il primo di questi si è voluto scoprire se le femmine avessero una preferenza stereotipata del proprio partner. Mentre il secondo esperimento voleva vedere se questa scelta fosse basata sull'abitudine o se la femmina fosse attratta dall'individuo in sé. In seguito, i dati ottenuti sono stati sottoposti ad un test statistico per assicurarne il valore scientifico. I risultati del test hanno però confermato che le scelte sono determinate prettamente dal caso. Questo potrebbe anche essere dovuto al numero ridotto di esperimenti a causa delle possibilità e materiali limitati a disposizione. Con l'ultima prova si è cercato di capire i comportamenti di parata, le cure parentali e i cambiamenti a livello fisico di questa specie.

# Indice

1. Introduzione .....	4
2. Materiali e metodi.....	6
2.1. Esperimento 1 .....	6
2.2. Esperimento 2 .....	7
2.3. Esperimento 3 .....	7
3. Risultati .....	8
3.1 Esperimento 1 .....	8
3.2. Esperimento 2 .....	10
3.3. Esperimento 3 .....	12
4. Discussione .....	14
5. Conclusione .....	22
6. Ringraziamenti.....	24
7. Bibliografia .....	25
8. Allegati.....	28
8.1. Dettagli dei risultati degli esperimenti .....	28
8.2. Test-T .....	30

# 1. Introduzione

Questo lavoro di maturità è nato dalla curiosità di analizzare la riproduzione della specie *Poecilia reticulata*, più comunemente chiamata guppies. L'obiettivo di questo lavoro è di verificare la reale preferenza di una femmina per un dato maschio e la ricerca di possibili comportamenti di parata ed eventuali cure parentali.

I maschi di questa specie presentano una forte variabilità di colorazione (Brooks, 2002) che rende questa specie un buon modello per lo studio della selezione sessuale. Questa è presente in una popolazione quando la probabilità di riprodursi non è la stessa per ogni individuo di uno dei due sessi, dunque quando gli individui gareggiano per l'accesso ai gameti del sesso opposto (Andersson, 1994).

Charles Darwin è stato il primo a sviluppare il concetto di selezione sessuale nel 1859, dopo essersi reso conto che i maschi di alcune specie avevano a disposizione ornamenti appariscenti, per esempio la coda dei pavoni, che servivano ad attrarre le femmine, garantendo così loro un maggior successo riproduttivo. Lo scopo ultimo di questa selezione non era l'eliminazione di un altro individuo, bensì la produzione di una prole più adatta all'ambiente circostante, dunque con maggior possibilità di sopravvivenza. Quindi, Darwin nell'opera « *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* » (1859) definisce la selezione sessuale come « il vantaggio che certi individui hanno sopra altri dello stesso sesso e della stessa specie esclusivamente in relazione alla riproduzione » (Campan & Scampini, 2002).

Questo concetto, è stato ripreso nel tempo da molteplici scienziati; per esempio Andersson (1994) la descrive come "l'evoluzione di tratti ereditabili, fisici e comportamentali, in grado di influenzare la capacità di conquistare e attrarre partner sessuali e quindi il successo riproduttivo, che è relativo all'espressione del tratto". In sintesi, la selezione sessuale è un processo che influenza la trasformazione dei tratti facilitando l'accesso al partner sessuale, in modo da mantenere la variabilità genetica all'interno della specie (Mainardi, 1992).

La selezione sessuale può derivare dalla competizione tra individui dello stesso sesso oppure dalla scelta del partner (Kokko *et al.*, 2006). Questa dipende da determinate caratteristiche che indicano buone condizioni genetiche che saranno trasmesse alla prole. Nel caso dei guppies questo tipo di selezione avviene sui maschi; infatti, un maschio può accoppiarsi con più femmine. Questo comporta che alcuni non si accoppino affatto. Spesso questa scelta non avviene in modo casuale, bensì in base a qualche tratto che rende più attrattivi alcuni maschi

rispetto ad altri. Anche se la preferenza per questi tratti può influenzare la probabilità di sopravvivenza dell'individuo, infatti, potrebbe causare una maggiore visibilità del maschio non solo alla femmina, ma anche al predatore.

Alcuni studi suggeriscono che le femmine *P. reticulata* scelgono il maschio secondo la colorazione della sua coda, più specificamente che esse preferiscono i maschi con presenza di carotenoidi (quindi colorazione giallo-arancioni) e colori iridescenti (Kodric-Brown, 1985 ; Hughes *et al.*, 1999). Se, però, questo fosse l'unico criterio che influenzasse la scelta delle femmine, col tempo il polimorfismo di colorazione, cioè la presenza contemporanea di diverse caratteristiche genetiche, in questo caso quelle che determinano la differente colorazione, all'interno di una popolazione (Mainardi, 1992) di guppies sarebbe già sparita. Infatti, se tutte le femmine preferissero i maschi con code tendenti all'arancio, solo questi ultimi si potrebbero riprodurre e trasmettere quindi il tratto coda-arancione alla generazione successiva. Perciò, dal momento che i maschi con altri colori non si riprodurrebbero, le loro colorazioni non saranno man mano più presenti nelle generazioni successive.

In base a queste conoscenze, si è deciso di svolgere tre esperimenti. Il primo per valutare se la femmina è effettivamente attratta da un determinato colore della coda, e, nel caso lo sia, di che colorazione si tratta. L'esperimento successivo serve a determinare com'è possibile che, se le femmine adoperano una determinata preferenza comune sulla scelta del partner, in natura sia presente, comunque, una diversità di colore. Nello specifico, si è decisa di testare l'ipotesi secondo la quale la scelta delle femmine è frequenza-dipendente, dunque che le femmine *Poecilia reticulata* preferiscono accoppiarsi con dei maschi aventi dei fenotipi rari o comunque nuovi (Hughes *et al.*, 1999). In effetti, questa scelta è stata proposta come spiegazione del mantenimento del polimorfismo di colorazione della coda dei maschi (Brooks, 2002). E infine, con l'ultimo esperimento si vogliono analizzare i comportamenti di parata, la gestazione e i rapporti tra la femmina e i propri piccoli.

## 2. Materiali e metodi

### 2.1. Esperimento 1

Ipotesi nulla: la femmina sceglie casualmente il maschio con cui riprodursi senza essere influenzata dalla colorazione della coda maschile.

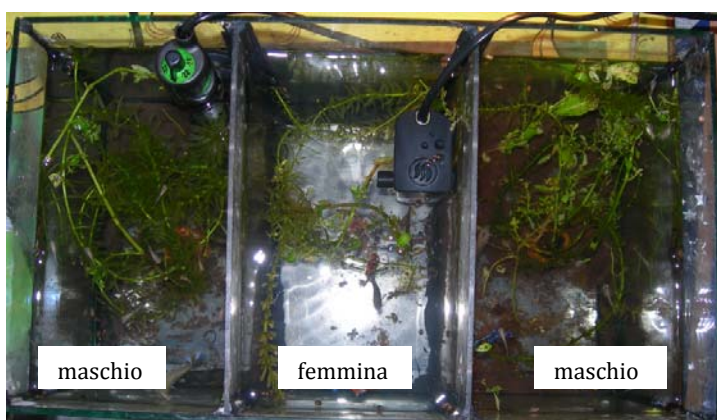
Materiale:

- 2 maschi *Poecilia reticulata*: uno con la coda rossa/arancione e l'altro con la coda blu;
- 5 femmine *Poecilia reticulata*;
- Acquario di dimensione 36 x 20 x 22 cm separato in tre compartimenti uguali da due lastre di "plexiglass" di misure 20 x 22 cm;
- Tabelle dove inserire i dati;
- Cronometro.

Metodo:

I due maschi vengono inseriti ognuno in uno dei due compartimenti esterni dell'acquario, mentre la femmina in quello centrale (figura 1). Cosicché, quest'ultima possa vedere entrambi i maschi, ma non entrare in contatto diretto con loro. Dopodichè si osserva il suo comportamento per un lasso di tempo pari a 10 minuti annotando, nelle apposite tabelle, il numero di visite e la durata di ognuna di queste da parte della femmina per ogni maschio. Si esegue questo esperimento per tutte e cinque le femmine (Kodric-Brown, 1985).

Questo esperimento viene ripetuto una seconda volta.



**Figura 1: Acquario utilizzato nell'esperimento 1 e suddivisione in tre scomparti. Sono segnalati gli scompartimenti e le relative posizioni dei pesci.**

## **2.2. *Esperimento 2***

Materiali:

- Lo stesso materiale utilizzato per l'esperimento 1, si hanno bisogno di cinque maschi con la coda blu e 5 con la coda rossa/arancione.

Metodo:

Si inseriscono tutte le femmine nel compartimento centrale e ai lati si mettono i maschi con la coda dello stesso colore per una durata di una settimana, in modo che queste si abituino a questo colore. Dopodiché, si ripete l'esperimento 1 per vedere se effettivamente la femmina predilige i maschi con fenotipi nuovi (Hughes *et al.*, 1999) oppure se la sua scelta è basata sull'abitudine, quindi dal colore conosciuto. In seguito si svolgerà questo esperimento anche con i pesci aventi l'altro colore della coda.

## **2.3. *Esperimento 3***

Materiale:

- Acquario di dimensioni 12 x 20 x 22 cm;
- 3 coppie di *Poecilia reticulata*.

Metodo:

Il lavoro di questo esperimento viene suddiviso in tre parti :

- i. Corteggiamento: si osservano e si annotano attentamente quali sono i determinati comportamenti di parata prima che avvenga la fecondazione con le tre coppie.
- ii. Gestazione: si osserva cosa succede e i cambiamenti a livello fisico nella femmina gravida.
- iii. Avannotti: si analizzano il parto e il comportamento della femmina in relazione ai piccoli.

### 3. Risultati

Nelle tabelle seguenti sono raggruppati le medie ottenute da ogni individuo femmina testata in relazione alle visite ad entrambi i maschi. Si sono considerati i valori medi di visita ottenuti realizzando il rapporto fra i secondi e le volte dei dati conseguiti dai vari esperimenti (vedi allegati).

#### 3.1 Esperimento 1

##### 3.1.a Prima prova

	femmina 1	femmina 2	femmina 3	femmina 4	femmina 5
	media	media	media	Media	media
maschio 1	15	10.62	20.5	10.90	10.09
maschio 2	8	7.55	28.11	4.9	5.41

Tabella 1: Sono indicati i risultati ottenuti dalla prima prova dell'esperimento 1.

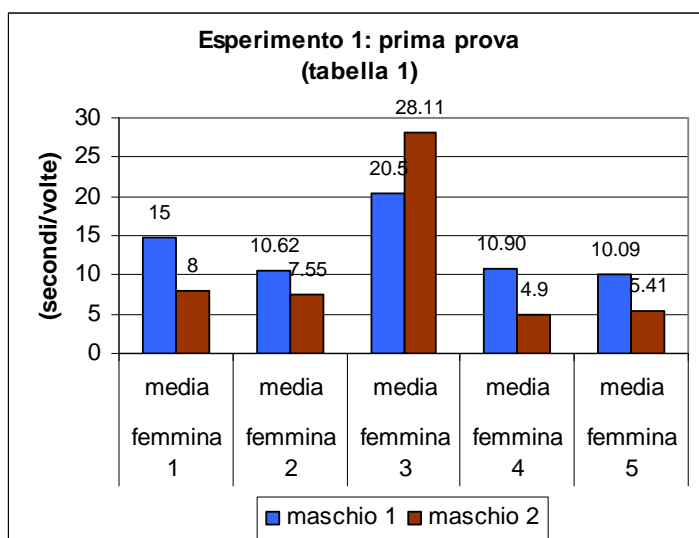


Grafico 1: Sono qui riportati graficamente i risultati ottenuti dalla prima prova dell'esperimento 1. Blu e rosso sono le rispettive colorazioni dei maschi testati.



### 3.1.b Seconda prova

	femmina 1	femmina 2	femmina 3	femmina 4	femmina 5
	media	media	media	Media	media
maschio 1	3.62	23.19	10.77	5.44	6.72
maschio 2	12.45	7.79	6.37	11.93	4.11

Tabella 2: Mostra i dati relativi alla seconda prova svolta dell'esperimento 1.

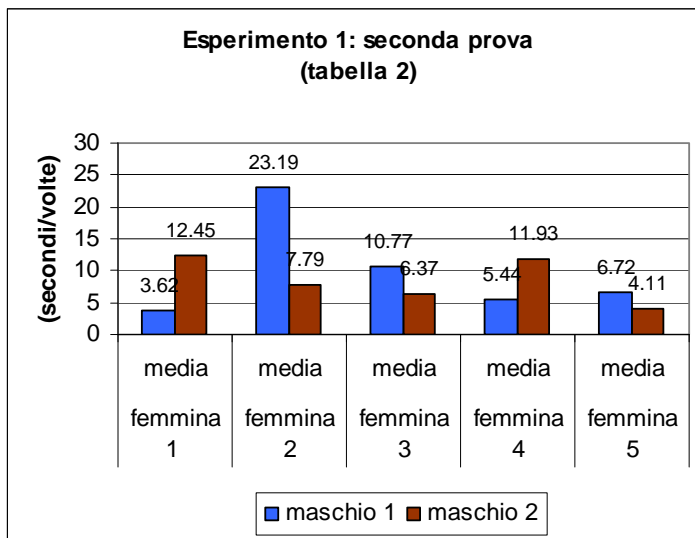


Grafico 2: Sono qui riportati graficamente i risultati ottenuti dalla seconda prova dell'esperimento 1. Blu e rosso sono le rispettive colorazioni dei maschi testati.

## 3.2. Esperimento 2

### 3.2.a Primo esperimento

	femmina 1	femmina 2	femmina 3	femmina 4	femmina 5
	media	media	media	media	media
maschio 1	5.30	7.81	5.8	7.53	4.73
maschio 2	3.39	11.53	7.78	3.56	11.62

Tabella 3: Sono rappresentati i risultati ottenuti dall'esperimento 2a, dopo aver abituato le femmine al colore blu della coda dei maschi.

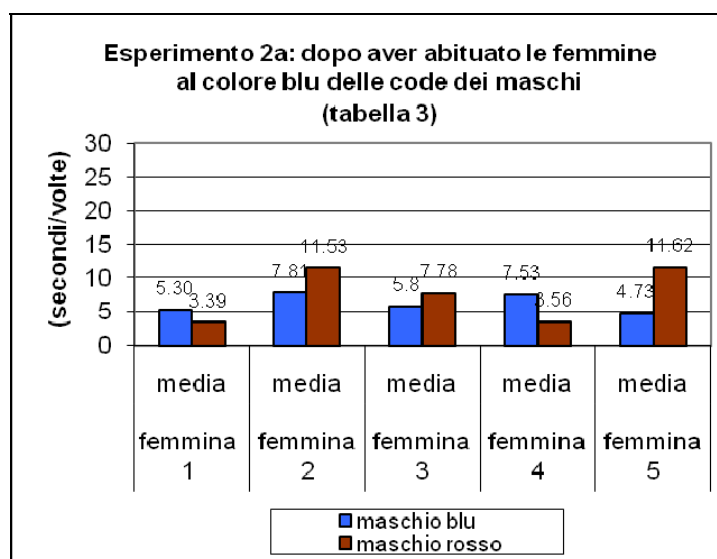
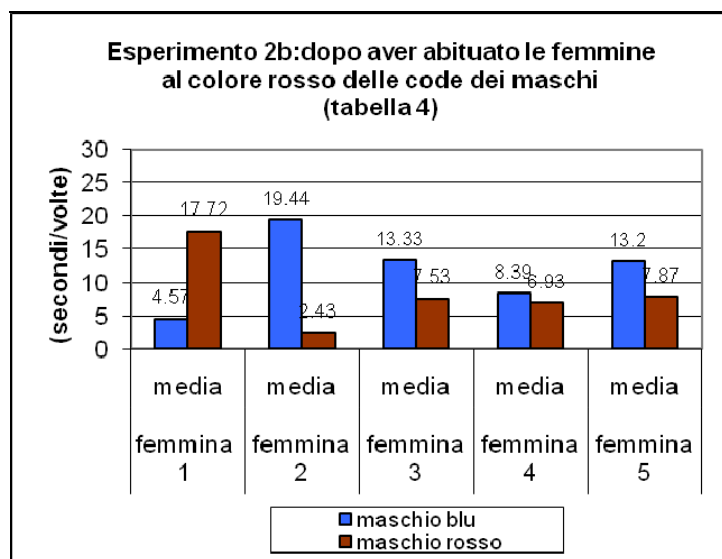


Grafico 3: Sono qui riportati graficamente i risultati ottenuti dall'esperimento 2a. Blu e rosso sono le rispettive colorazioni dei maschi testati.

### 3.2.b Secondo esperimento

	femmina 1	femmina 2	femmina 3	femmina 4	femmina 5
	media	media	media	media	media
maschio 1	4.57	19.44	13.33	8.39	13.2
maschio 2	17.72	2.43	7.53	6.93	7.87

**Tabella 4:** Sono indicati i risultati ottenuti dall'esperimento 2b, dopo aver abituato la femmina al colore rosso della coda dei maschi.



**Grafico 4:** Sono qui riportati graficamente i risultati ottenuti dall'esperimento 2b. Blu e rosso sono le rispettive colorazioni dei maschi testati.

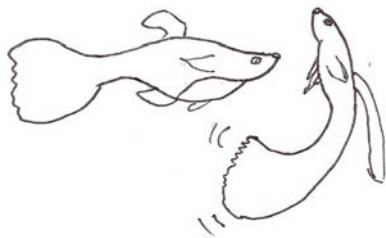
### 3.3. *Esperimento 3*

i. Corteggiamento: tutte le coppie hanno eseguito le stesse tappe che sono state riassunte nello schema seguente.



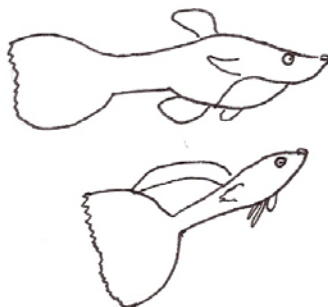
© C.Streit

**Figura 2: Il maschio nuota parallelo alla femmina.**



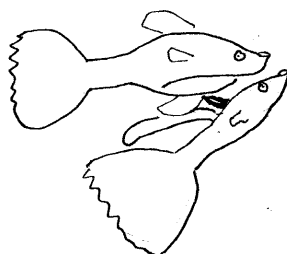
© C.Streit

**Figura 3: Il maschio curva la coda verso la femmina.**



© C.Streit

**Figura 4: Il maschio si porta sotto la femmina.**



© C.Streit

**Figura 6: Il maschio ruota il gonopodio verso la femmina.**

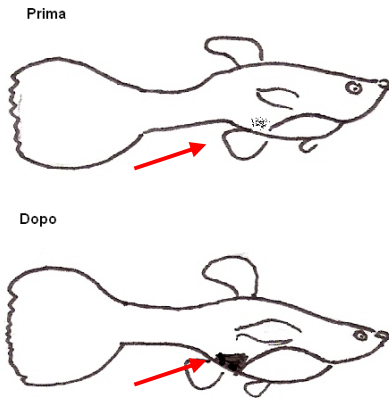
Per prima cosa il maschio individua la femmina, poi la segue cercando di accostarsi ad essa.

In seguito, quando riesce ad attirare la sua attenzione, porta la coda verso di lei, come per avvolgerla con piccoli movimenti veloci.

Dopodiché, si porta sotto la femmina e comincia a nuotare verso di lei.

Arrivato in prossimità della femmina, ruota il suo gonopodio di 90° verso di lei, cercando di inserirlo nella cloaca femminile.

## ii. Gestazione



© C.Streit

**Figura 5: Differenza tra una femmina non gravida e una gravida.**

Le sostanziali differenze che si possono notare sono l'aumento della rotondità della femmine e della macchia nera/rossa che si trova alla fine del suo ventre, che diviene più visibile.

## iii. Avannotti

La femmina partorisce i piccoli espellendoli dalla cloaca con movimenti a scatti, nuotando verso l'alto e il basso o anche lateralmente. Mentre partorisce alle volte fuoriescono delle "palline" gialle che la femmina ingoia, ma può anche capitare che mangi qualche piccolo. Questo comportamento, di mangiare i propri piccoli, si può osservare ancora qualche giorno dopo il parto. Quando, finalmente si è calmata, la madre perde questa attitudine e sembra indifferente alla prole. Si è potuto notare, però, che aggiungendo un altro pesce nello scompartimento con madre e figli, questa tende ad attaccare l'"intruso". Non si è potuto osservare nessun altro comportamento della madre in relazione ai suoi piccoli.

## 4. Discussione

La specie *Poecilia reticulata* risulta essere un buon modello per lo studio della selezione sessuale, poiché presenta un forte polimorfismo di colorazione, sul quale può basarsi la scelta delle femmine. Alcuni studi, infatti, suggeriscono che le femmine scelgano il proprio partner secondo la colorazione della coda. I guppies presentano due categorie di pigmenti che ne determinano il colore: i carotenoidi (es: rosso) e la melanina (es: nero). Ad essi si aggiungono delle colorazioni iridescenti dovute alla presenza di aminoacidi cristallizzati (Brooky, 2002). I carotenoidi non possono essere sintetizzati dai pesci, ma sono acquisiti tramite l'assunzione di piante o invertebrati. Queste colorazioni sono più brillanti quando il cibo è abbondante, e possono sbiadire o addirittura arrivare quasi alla scomparsa quando il cibo è scarso (Rothschild, 1975). Di conseguenza, questi pigmenti possono funzionare da indicatore delle condizioni fisiche del maschio e della sua qualità genetica (Kodric-Brown, 1985), come ad esempio lo stato nutrizionale e le sue abilità competitive a procacciarsi cibo nell'ambiente in cui vive (Endler, 1980). Dunque i maschi con presenza di carotenoidi potrebbero rappresentare la scelta migliore per le femmine, visto che indicano la loro capacità a ottenere il cibo migliore e incrementare la probabilità che gli spermatozoi siano vitali (Endler, 1979). Di conseguenza, dando alle femmine la possibilità di scegliere tra un maschio con la coda rossa e un altro con la coda blu, le femmine dovrebbero preferire quello rosso.

Se, però, tutte le femmine preferissero i maschi con code tendenti al rosso, col tempo il polimorfismo di colorazione in questa specie sarebbe dovuto scomparire, quando invece si è mantenuto. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che la scelta delle femmine è frequenza-dipendente. Ovvero, le femmine *P. reticulata* preferiscono unirsi con dei maschi aventi dei fenotipi rari o comunque nuovi (Farr, 1977; Hughes *et al.*, 1999).

In base a questi studi, ci si aspettava dunque che:

- 1) le femmine potendo scegliere tra maschi con colorazione rossa e colorazione blu preferissero la rossa;
- 2) dopo un periodo di abitudine con maschi di un unico colore, le femmine avrebbero preferito un maschio avente un colore diverso, ovvero raro.

Come mostrano i grafici 1 e 2, i risultati ottenuti nelle due prove dell'esperimento 1, sia per il tempo, sia per le volte consacrati alle visite, sono discordanti fra loro. Infatti, anche se la preferenza non è risultata statisticamente significativa (T-test, prova 1:  $p=0.16$  (tempo),  $p=0.22$  (visite). T-test prova 2:  $p=0.90$  (tempo),  $p=0.95$  (visite); vedi allegato), è osservabile una certa maggioranza delle femmine che preferisce il maschio blu rispetto a quello rosso, in

contraddizione con le previsioni. Per di più, studiando il grafico 1 e tralasciando la femmina 3, si può osservare che tutte le altre femmine hanno prediletto il maschio blu. Inoltre, la scelta sembrerebbe non essere costante, poiché alcune femmine (femmina 1, 3 e 4) nella seconda prova sembrano aver cambiato scelta, quindi se prima preferivano una colorazione, nella seconda prova sembrano preferire l'altra.

Per quanto riguarda il secondo esperimento gli esiti conseguiti, anche se ancora non significativi (T-test, prova 2a:  $p=0.71$  (tempo),  $p=0.68$  (volte); T-test, prova 2b:  $p=0.50$  (tempo),  $p=0.77$  (volte)) sono quelli che si attendevano. Infatti, dopo che le femmine sono state abituate, per la durata di una settimana, ad un colore specifico di coda, la loro preferenza cade per il maschio non conosciuto (vedi grafico 3 e 4).

Questo risultato, sembrerebbe quindi confermare che la scelta del partner da parte delle femmine sia frequenza-dipendente. Questa caratteristica potrebbe essere particolarmente utile in piccoli corsi d'acqua, dove il potenziale di consanguineità è alto (Zajitschek *et al.* 2006), visto che la colorazione maschile può funzionare come segno di riconoscimento, permettendo quindi alle femmine di identificare gli individui discendenti dalla propria famiglia, così come quelli con i quali si è già accoppiata (Brooks, 2002). È stato infatti dimostrato che le femmine che si accoppiano molteplici volte sono capaci di riconoscere i propri "amanti" e famigliari e di conseguenza cercano di congiungersi con altri individui (Kelly, Graves & Magurran, 1999; Evans & Magurran, 2000), riuscendo in questo modo a massimizzare la diversità genetica della propria prole ed evitando l'indebolimento della propria specie (Brooks, 2002).

In generale, il fatto che nessuno dei test statistici sia risultato significativo può essere dovuto al piccolo campione di esemplari. Per avere un'importanza scientifica maggiore l'esperimento dovrebbe essere condotto con un maggior numero di femmine, come è stato fatto nei diversi esperimenti presi in considerazione, nei quali il minor numero di femmine utilizzate sarebbe pari a 28 (Bischoff *et al.*, 1985).

Anche se, in realtà, l'unico dato che ha una valenza scientifica secondo il test attuato è la differenza di tempo e di frequenza che le diverse femmine attuano per ogni maschio nella seconda prova dell'esperimento 1 (T-test,  $p=0.016$  (tempo),  $p=0.005$  (volte)). Questo risultato, però, non ha nessuna importanza per questo lavoro perché indica che queste due variabili dipendono dalla singola femmina, dunque che è una caratteristica di quest'ultima.

Per quanto riguarda l'esito inatteso dell'esperimento 1, ci possono essere le seguenti spiegazioni.

Per prima cosa, ad esempio, la colorazione come anche le macchie iridescenti potrebbero indicare delle qualità genetiche del maschio. Questo è probabilmente dovuto al fatto che esse sono altamente riflettenti in molti habitat e sono presumibilmente molto visibili ai predatori. In effetti, si è notato che, in ambienti ad alto rischio di predazione, la presenza di questi colori nei guppies è molto ridotta (Haskins *et al.*, 1961; Endler 1978, 1980, 1983). In natura, dunque, questi pigmenti possono indicare l'abilità di un individuo a sfuggire dai predatori e quindi riflettono la sopravvivenza di un individuo (Kodric-Brown, 1985). Secondo i modelli di Zahavi (1975), Andersson (1982), Kodric-Brown & Brown (1984) e Nur & Hasson (1984) determinati tratti maschili, come ad esempio la colorazione, riflettono la fitness genetica del maschio, cioè la tendenza di un determinato gene a tramandarsi nelle generazioni future (Mainardi, 1992). Le femmine, scegliendo di accoppiarsi con i maschi portatori dei "migliori geni", in questo caso con gli individui con macchie iridescenti, avvantaggiano la loro discendenza dando loro buone capacità di sopravvivenza. Questo, in effetti, è stato dimostrato da uno studio condotto da Endler nel 1983, in cui le femmine hanno prediletto realmente il maschio con ampia presenza di colori iridescenti.

Inoltre, dal momento che la brillantezza dei colori iridescenti, a differenza dei carotenoidi, non dipende dall'alimentazione, in alcuni casi, soprattutto in presenza di poco cibo e con pochi predatori, i maschi con questo tipo di colorazione sono favoriti rispetto a quelli con solo carotenoidi, poiché i colori iridescenti risultano essere più visibili alle femmine (Endler, 1979).

La percezione della colorazione può anche essere influenzata dalle condizioni di laboratorio. Infatti, un colore può essere abbastanza visibile in un esperimento svolto nell'ambiente spoglio del laboratorio, ma esserlo di meno nel suo ambiente naturale (Endler, 1979). Quindi, la preferenza delle femmine per un colore rilevata negli studi in laboratorio non per forza coincide con la scelta che avrebbe apportato in natura. Inoltre, la percezione delle colorazioni può anche essere modificata dall'intensità della luce. Infatti, in natura, il maschio tende a corteggiare più ardentemente in mattinata presto e nel pomeriggio tardo quando l'intensità della luce è bassa. Invece, il corteggiamento è meno intenso a metà giornata, quando l'intensità della luce è maggiore.

Gamble *et al.* (2003) hanno, infatti, mostrato che la risposta della femmina all'accoppiamento dipende anche dalla luce ambientale. In base ai loro studi, le femmine sono più attratte dai maschi sotto una luce filtrata in modo tale da simulare la luce di mezzogiorno. Probabilmente, perché sotto di essa i contrasti dei colori sono più accentuati. Nonostante ciò, come già detto,



in natura il maschio tende a corteggiare maggiormente di prima mattina e nel tardo pomeriggio, quando l'intensità della luce è più bassa. Mentre il corteggiamento risulta essere meno intenso a metà giornata, quando l'intensità è alta. Questo probabilmente è dovuto all'effetto che l'intensità della luce ha sulla percezione delle femmine e dei predatori dei colori maschili (Endler 1991,1993a; Long & Rosenqvist, 1998). Infatti sotto la luce del mattino presto e del tardo pomeriggio i colori risultano più evidenti per le femmine e meno per i predatori (Endler 1991,1993a).

La presenza di un determinato colore rappresenta quindi un equilibrio fra la capacità di scappare dai predatori e la visibilità per la selezione sessuale (Endler,1979). I maschi non possono avere colori troppo visibili, altrimenti sarebbero notati facilmente dai predatori; ma non possono neanche essere troppo poco appariscenti perché le femmine sceglierebbero altri maschi (Fisher, 1930; Haskins et al., 1961; Gandolfi, 1971; Greene, 1972; Farr & Herrenkind, 1974; Farr, 1976, 1977; Gorlick, 1976; Endler, 1978). I colori delle popolazioni naturali di guppies mostrano un marcato cambiamento al variare dell'intensità di predatori (Endler,1978). L'aumento dei predatori è anche associato con la riduzione della grandezza delle macchie di colori, soprattutto dei pigmenti (nero, rosso). Tutti questi cambiamenti rendono i guppies meno visibili ai predatori (Endler,1978).

Alcuni studi suggeriscono, però, che la colorazione non sia l'unico tratto in grado di influenzare la scelta delle femmine. Ad esempio, Bischoff nel 1984 mostrò che in condizioni di laboratorio, le femmine di *P. reticulata* preferiscono maggiormente accoppiarsi con partner dalla coda larga. È per questa ragione che il primo esperimento è stato effettuato due volte. Ci si è infatti accorti che nella prima prova la coda del maschio rosso era visibilmente più piccola di quella dell'individuo blu. Vi era dunque il rischio che la scelta delle femmine fosse influenzata oltre che dalla colorazione pure dalle dimensioni della coda.

Di conseguenza, ci si potrebbe aspettare che, nel nostro esperimento, le condizioni di laboratorio e di allevamento abbiano influito sui risultati.

Ad esempio, i pesciolini blu erano probabilmente più attrattivi perché possedevano più macchie iridescenti rispetto ai rossi. In effetti, dal momento che i guppies presi in considerazione sono allevati in acquario da generazioni, e quindi in assenza di predatori, essi hanno potuto sviluppare la brillantezza dei colori iridescenti senza ridurre la loro probabilità di sopravvivenza. Inoltre, essi non devono neanche essere particolarmente capaci a procacciarsi il cibo, perciò la colorazione rossa potrebbe aver perso il suo ruolo di indicatore di qualità genetica. Infine, il fatto che da molte generazioni l'accoppiamento è manipolato

dall'uomo per creare sempre più colori allettanti alla vendita e guadagnare di più, può aver fatto perdere qualsiasi istinto naturale ai pesci. È importante sottolineare che nei test eseguiti dai diversi biologi nelle diverse università sono sempre stati utilizzati guppies selvaggi prelevati principalmente da due luoghi: Tacarigua River a Trinidad (Gasparini et al., 2009), Alligator Creek nel Bowling Green National Park in Queensland, Australia (Gamble et al, 2003; Zajitschek, 2006). Per di più, si può aggiungere che i guppies sono pesci originari, principalmente, del nord-est e sud America, soprattutto delle Trinidad (Caraibi)(Houde & Hanks, 1997). Anche se, ormai, a causa della loro prolificità e della onnipresenza nei vari acquari di tutto il mondo sono stati introdotti nelle acque di diverse zone (Brooks,2002).

L'alimentazione può aver giocato un ruolo importante anche perché il mangime dei guppies potrebbe non incrementare i pigmenti carotenoidi presenti nella loro coda e quindi, anche essendo rossi, non avevano quella brillantezza in più per sedurre maggiormente le femmine (Rothschild, 1975). In effetti, nella coda dei maschi rossi c'era una forte presenza del colore nero che risulta essere poco percepibile dalle femmine (Endler, 1980).

È anche possibile che la luce a cui era sottoposto l'acquario nel momento del test abbia in qualche modo manipolato la scelta delle femmine. Dunque, magari, la femmina ha trovato più interessante la coda blu a causa della luce che ha messo in risalto questo colore invece dell'altro.

Inoltre, anche il fatto di aver utilizzato delle separazioni trasparenti può aver influenzato l'esito dell'esperimento, poiché i maschi avevano la possibilità di vedersi e magari dei comportamenti di competizione e/o di dominanza possono aver modificato la scelta delle femmine. Infatti, nell'esperimento eseguito da Kodric-Brown (1984) erano stati utilizzati degli specchi come divisori dell'acquario per evitare che il comportamento del maschio fosse modificato dalla visione dell'altro maschio.

Un altro problema può sorgere dal fatto che le femmine testate in questo esperimento sono state acquistate in negozio, dunque non vi era la certezza che fossero vergini, quindi che non avessero mai avuto rapporti sessuali, come invece erano quelle utilizzate in molti degli studi presi in considerazione per questo lavoro (Hughes et al, 1999; Zajitschek et al., 2006; Gasparini et al., 2009). Si può considerare fondamentale la loro verginità, visto che esse possono trattenere lo sperma per diversi mesi e produrre differenti figlie da una stessa copulazione (Costanz, 1984). Quindi, anche se in apparenza, le femmine non appaiono incinte, in realtà potrebbero essere già state fecondate e dunque, forse, meno interessate ad un nuovo accoppiamento.

In più, due studi suggeriscono che la scelta della femmina può essere influenzata dalle esperienze precedenti (Hughes *et al.*, 1999). Il fatto di non conoscere le condizioni in cui gli individui son stati allevati precedentemente all'esperimento può essere importante, perché è stato dimostrato che le femmine cresciute con maschi colorati, in futuro preferiranno questa tipologia di maschio; mentre quelle cresciute tra maschi dai colori "spenti" o addirittura senza maschi, prediligeranno tali colori (Breden *et al.*, 1995). Oltre a ciò, Rosenqvist & Houde (1997) scoprirono che le femmine allevate tra diverse tipologie di maschi preferivano quelli con vaste zone arancioni, mentre quelle in mezzo ad un gruppo omogeneo di maschi non esprimevano nessuna preferenza.

Infine, diversi studi hanno suggerito che ci può essere una certa ereditarietà nella preferenza del compagno nelle femmine (Bakker & Pomiankowski, 1995; Jennions & Petrie, 1997; Bakker, 1999). Quindi, se le femmine prese in esame fossero legate geneticamente ci potrebbe essere una spiegazione per la loro preferenza del colore blu.

In ogni caso, anche nella bibliografia ci sono discordanze sulla scelta delle femmine in base alla colorazione. Infatti, negli studi condotti da Kodric-Brown nel 1985 e da altri (Houde, 1987; Houde & Endler, 1990), si afferma che le femmine di molte popolazioni naturali dimostrano una preferenza per i maschi con un grande quantità di colorazione arancione. Altre ricerche, invece, dicono che alcune popolazioni non mostrano una forte preferenza per l'arancione e l'espressione di questo colore in tali popolazioni tende ad essere relativamente bassa (Houde, 1988a; Houde & Endler, 1985; Endler & Houde, 1995).

Per di più sembra che ci siano degli ornamenti maschili che le femmine trovano attrattivi uniformemente, mentre altri per cui la scelta è differenziata, che sono quindi preferiti solamente da certe femmine ma non da altre. Di conseguenza, non ci sono fenotipi maschili universalmente attrattivi (Brooks & Endler, 2001). Questa differenza di scelta fra le diverse femmine può avere significanti conseguenze evolutive poiché la presenza del polimorfismo nella specie *P. reticulata* potrebbe essere una conseguenza del fatto che non c'è una tipologia di maschio che attrae tutte le femmine, ma che l'attrazione è individuale (Brooks & Endler, 2001).

Invece, la bibliografia trovata sul corteggiamento di questa specie è veramente scarsa. Infatti si son trovati solo Bischoff *et. al* (1985) che prendono in considerazione questo argomento. Essi affermano che i maschi, per attirare le femmine, per prima cosa nuotano paralleli ad esse e poi si scagliano in avanti e quando si trovano faccia a faccia adottano una postura curvata. Questo procedimento è molto simile a quello descritto in questo lavoro, però in questo caso

abbiamo dato un maggior numero di dettagli, come ad esempio il movimento della coda e l'utilizzo del gonopodio che il maschio, per cercare di portare a termine la fecondazione, ruotava di 90° in direzione della partner.

*P. reticulata* sono ovovipari, quindi non depongono le uova, e partoriscono figli simili all'adulto e autosufficienti, perciò i neonati sono già in grado di muoversi e di alimentarsi aumentando, così, le possibilità di sopravvivenza. I piccoli, appena nati, misurano circa 8 millimetri e per proteggersi dalla voracità della madre si nascondono fra le piantine, dunque non vi è la presenza di cure parentali (Manfredi, 1956).

Anche dalle osservazioni ottenute risulta che non vi siano cure parentali, infatti la madre, una volta partorito, non cura più i piccoli; anzi, nei primi giorni dopo il parto c'è il rischio che la madre li mangi, forse per recuperare l'energia persa nel mettere alla luce la prole. A meno che si possa considerare l'attacco della femmina per il pesce "intruso" una forma di protezione nei confronti della sua prole. Per quanto riguarda le "palline" gialle, che abbiamo osservato e che la femmina mangia durante il parto, si può pensare che siano ovuli non fecondati che servono alla madre per recuperare energia.

Nel maschio, il principale carattere sessuale distintivo durante il periodo riproduttivo è l'ispessimento della pinna anale che costituisce l'organo d'accoppiamento chiamato anche gonopodio (figura 6). Si può notare l'approssimarsi del parto dall'addome della femmina, infatti questo si rigonfia e presenta una macchia oscura (macchia di pubertà, vedi figura 7) nella regione anale che si allarga e diventa maggiormente evidente quando gli embrioni si trovano nell'ovario. I guppies sono pesci precoci, in effetti sono già attivi sessualmente all'età di due mesi e mezzo o tre. Il numero di figli che una femmina può mettere alla luce dipende dalla sua età e varia dalla trentina per una madre primipara al centinaio per una più anziana. Il parto si ripete ogni 3 mesi, o 4 settimane, a dipendenza della temperatura e dalla possibilità di alimentarsi (Manfredi, 1956).



**Figura 6: si può notare il gonopodio maschile.**



**Figura 7: la freccia mostra la macchia di pubertà.**

Inoltre, i guppies sono una specie poliandrica, cioè una femmina durante la stessa stagione riproduttiva si accoppia con più maschi. Quindi, in questo modo, incrementano la diversità genetica e migliorano la possibilità di fertilizzare le uova con gli spermatozoi del maschio migliore ed evitano di accoppiarsi con parenti stretti (Zajitschek *et al.*, 2006), poiché vi è competizione fra gli spermatozoi di diversi individui (Curtsinger, 1991; Keller & Reeve, 1995). Questo meccanismo è utile, visto che la femmina non riesce a riconoscere l'età del maschio (Gasparini *et al.*, 2009) e l'accoppiamento con un maschio vecchio comporterebbe degli spermatozoi di bassa qualità genetica dovuta ad un'accumulazione di mutazioni sfavorevoli nella sua linea germinale (Radwan, 2003), così facendo riesce ad evitare che ciò accada (Gasparini *et al.*, 2009).

## 5. Conclusione

Questo lavoro di maturità aveva principalmente due scopi: confermare sperimentalmente la preferenza femminile di un determinato fenotipo maschile e studiare i comportamenti di parata e le eventuali cure parentali.

Purtroppo, per quanto riguarda il primo obiettivo, i risultati non hanno confermato l'ipotesi di partenza. Infatti, dai nostri esperimenti, non si è osservato quanto sperato. Tanto è vero che, secondo il test statistico utilizzato in questo lavoro, la scelta apportata dalla femmina sembra essere determinata dal caso, dunque non dovrebbe esserci nessuna distinzione fra i diversi maschi. Questi risultati, però, discordano con quelli ottenuti da diversi studi, come è stato spiegato nella discussione, nei quali si è dimostrato che le femmine prediligono i maschi con la maggior presenza di carotenoidi. Dunque, una possibilità per spiegare questa differenza è nello svolgimento degli esperimenti, che forse in questo caso era un po' rudimentale e, quindi, sarebbe utile apporre delle modifiche. In effetti, come si può vedere dalla bibliografia, sarebbe stato più corretto procurarsi femmine da posti diversi, in modo da ridurre al minimo la parentela. Quindi si sarebbero potute prelevare da negozi diversi, anche se questo non significa ancora che i fornitori siano differenti e dunque potrebbero ancora essere imparentate. Per di più, sarebbe stato meglio assicurarsi che le femmine utilizzate per l'esperimento fossero realmente vergini, ma anche in questo caso, prendendole da un negozio non si poteva avere questa certezza. Infatti, anche se nei negozi solitamente i due sessi sono separati, non ci può essere la certezza che le femmine non siano mai state in contatto con un maschio. Anche il numero di femmine utilizzate avrebbe dovuto essere maggiore per avere un esito più significativo degli esperimenti e inoltre sarebbe stato più adeguato utilizzare dei divisori a specchio, in maniera che i maschi non potessero vedersi. Un altro fattore che ha potuto influire negativamente è il metodo utilizzato per rilevare i dati che può essere stato inesatto, forse troppo elementare.

Il secondo obiettivo, invece, ha ottenuto un risultato più soddisfacente, anche se si ha avuto a disposizione meno bibliografia a riguardo. Infatti, si è potuto delineare una sequenza di comportamenti di parata simili per ogni maschio. Anche per la gestazione ci sono state delle osservazioni rilevanti; si è potuto osservare che le femmine incinte sono facilmente distinguibili in base alla grandezza della macchia color nero che si trova nella regione anale. Si è scoperto che le cure parentali non esistono, visto che sono una specie ovovipara, dunque partoriscono i piccoli già autonomi e quindi non hanno bisogno di aiuto per sopravvivere. Anzi, si è potuto rilevare proprio il contrario. Infatti, nei primi giorni dopo il parto, le femmine

se incontravano un piccolo lo mangiavano. Questo comportamento in natura potrebbe ad esempio stimolare una maggiore dispersione da parte dei piccoli, in modo da colonizzare nuovi territori e non entrare in competizione con la madre una volta adulti, riducendo così il tasso di consanguineità nella popolazione.

## **6. Ringraziamenti**

Volgo un ringraziamento particolare ai professor L. Paltrinieri, L. Bertini e alla professoressa M. Varini per la loro disponibilità e il loro aiuto. Un sincero ringraziamento va, inoltre, al professor F. Nava che ha eseguito il test statistico come anche alla mia famiglia che mi ha sostenuta in questo lungo percorso. Per ultimo, ma non meno importante, ringrazio il ricercatore R. Brooks per avere gentilmente messo a mia disposizione i suoi articoli.



## 7. Bibliografia

- Andersson, M. (1982): Female choice selects for extreme tail length in the widow-bird, *Nature*, 299, 818-820.
- Andersson, M. (1994): *Sexual Selection*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Bakker, T.C.M, Pomiankowski, A. (1995): The genetic basis of female mate preferences, *J. Evol. Biol.*, 8, 129–171.
- Bischoff, J.R, Gould, J.L, Rubenstein, D.I (1985): Tail size and female choice in the guppy (*Poecilia reticulata*), *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 17, 253-255.\*
- Breden, F., Hornaday, K. (1994): Test of indirect models of selection in the Trinidad guppy, *Heredity*, 73, 291–297.
- Breden, F., Novinger, D. & Schubert, A. (1995): The effect of experience on mate choice in the Trinidad guppy, *Poecilia reticulata*. *Environmental Biology of Fishes*, 42, 323-8.
- Brooks, R., Endler, J.A. (2001): Direct and indirect sexual selection and quantitative genetics of male traits in guppies (*Poecilia Reticulata*), *Evolution*, 55(5), 1002-1015.\*
- Brooks, R. (2002): Variation in female mate choice within guppy populations: population divergence, multiple ornaments and the maintenance of polymorphism, *Genetica*, 116, 343-358.\*
- Campan, R., Scampini, F. (2002): *Ethologie*, De Boeck Université, Bruxelles.\*
- Curtsinger, J. W., Service, P. M., Prout, T. (1994): Antagonistic pleiotropy, reversal of dominance, and genetic polymorphism, *Am. Nat*, 144, 210–228.
- Endler, J.A. (1978): A predator's view of animal color patterns, *Evol. Biol.*, 11, 319-364.
- Endler, J.A. (1980): Natural selection on color patterns in *Poecilia Reticulata*, *Evolution*, 34(1), 76-91.\*
- Endler, J.A. (1983): Natural and sexual selection on color patterns in poeciliid fishes, *environmental Biology of Fishes*, 9, 173-190.
- Endler, J.A. (1991): Variation in the appearance of guppy color patterns to guppies and their predators under different visual conditions, *Vision Res.*, 31, 587-608.
- Endler, J.A. (1993a): The color of light in forests and its implications, *Ecol. Monogr.*, 63, 1–27.
- Endler, J.A., Houde, A.E. (1995): Geographic variation in female preferences for male traits in *Poecilia reticulata*, *Evolution*, 49, 456-468.
- Evan, J.P., Magurran, A.E. (2000): Multiple benefits of multiple mating in guppies, *Proc. Natl Acad. Sci, USA*, 97, 10074-10076.

- Farr, J.A. (1976): Social facilitation of male sexual behavior, intrasexual competition, and sexual selection in the guppy, *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae), *Evolution*, 30, 707-717.
- Farr, J.A. (1977): Male rarity or novelty, female choice behavior, and sexual selection in the guppy, *Poecilia Reticulata* (Pisces, Poeciliidae), *Evolution*, 31, 162-168.
- Farr, J.A., Herrnkind, W.F. (1974): A quantitative analysis of social interaction of the guppy, *Poecilia Reticulata* (Pisces, Poeciliidae), as a function of population density, *Animal Behaviour*, 22, 582-591.
- Fisher, R.A. (1930): The evolution of dominance in certain polymorphic species, *Amer. Natur.*, 64, 385-406.
- Gamble, S., Lindholm, A.K., Endler, J.A., Brooks, R. (2003): Environmental variation and the maintenance of polymorphism: the effect of ambient light spectrum on mating behaviour and sexual selection in guppies, *Ecology Letters*, 6, 463-472.\*
- Gandolfi, G. (1971): Sexual selection in relation to social status of males in *Poecilia reticulata* (Teleostei, Poeciliidae), *Boll. Zool*, 38, 35-48.
- Gasparini, C., Marino, I.A.M., Boschetto, C., Pilastro, A. (2009): Effect of male age on sperm traits and sperm competition success in the guppy (*Poecilia reticulata*), *J. Evol. Biol.*, 23, 124-135.\*
- Gorlick, D.L. (1976): Dominance hierarchies and factors influencing dominance in the guppy, *Poecilia reticulata* Peters. *Animal Behaviour*, 24, 336-346.
- Greene, R.J.JR. (1972): Female preferential selection for males in *Lebistes reticulatus*, Thesis (Biology Department), University of Utah.
- Haskins, C.P., Haskins, E.F., McLaughlin, J.J.A., Hewitt, R.E. (1961): Polymorphism and population structure in *Lebistes reticulatus*, a population study, 320-395, in W.F. Blair (ed.), *Vertebrate Speciation*, University of Texas Press, Austin.
- Houde, A.E. (1987): Mate choice based upon naturally occurring color-pattern variation in a guppy population, *Evolution*, 41, 1-10.
- Houde, A.E. (1988a): Genetic difference in female choice between two guppy populations, *Animal Behaviour*, 36, 510-516.
- Houde, A.E., Endler, J.A. (1990): Correlated evolution of female mating preferences and male color patterns in the guppy *Poecilia reticulata*, *Science*, 248, 1405-1408
- Houde, A.E., Hankes, M.A (1997): Evolutionary mismatch of mating preferences and male colour patterns in guppies, *Anim. Behav.*, 53, 343-351.\*

- Hughes, K.A., Du, L., Rodd, F.H., Reznick, D.N. (1999): Familiarity leads to female mate preference for novel males in the guppy, *Poecilia reticulata*, *Animal Behaviour*, 58, 907-916.\*
- Jennions, M. D., Petrie M. (1997): Variation in mate choice and mating preferences: a review of causes and consequences, *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.*, 72, 283-327.
- Keller, L., Reeve, H.K (1995): Why do females mate with multiple males- the sexually selected sperm hypothesis, *Adv. Stud. Behav.*, 24, 291-315.
- Kelley, J.L., Graves, J.A., Magurran, A.E. (1999): Familiarity breeds contempt in guppies, *Nature*, 401, 661.
- Kokko, H., Jennions, M.d., Brooks, R. (2006): Unifying and testing model of sexual selection, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37, 43-66.\*
- Kordic-Brown, A. (1985): Female preference and sexual selection for male coloration in the guppy (*Poecilia reticulata*), *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 17, 199-205.\*
- Long, K.D, Rosenqvist, G. (1998): Changes in male guppy courting distance in response to a fluctuating light environment, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 44, 77-83.
- Mainardi, D.(1992): Dizionario di Etologia, Einaudi, Torino.\*
- Manfredi, P.(1956): Vita dei pesci, Casa Editrice di Francesco Vallardi, Milano.\*
- Radwan, J. (2003): Male age, germline mutations and the benefits of polyandry, *Ecol. Lett.*, 6, 581-586.
- Rosenqvist, G., Houde, A.E. (1997) Prior exposure to male phenotypes influences mate choice in the guppy, *Poecilia reticulata*, *Behavioral Ecology*, 8, 195-198.
- Rothschild, M. (1975): Remarks on carotenoids in the evolution of signals. p. 20-47. In L. E. Gilbert and P. H. Raven (eds.), *Coevolution of Animals and Plants*. University of Texas Press, Austin.
- Zahavi, A. (1975) Mate selection- a selection for a handicap, *J. Theoret. Biol.*, 53, 205-214.
- Zajitschek, S.R.K., Evans, J.P., Brooks, R. (2006): Independent effects of familiarity and mating preferences for ornamental traits on mating decisions in guppies, *Behavioral Ecology*, Oxford University Press.\*

\*Articoli letti; gli altri articoli della bibliografia sono stati menzionati dagli articoli letti.

## 8. Allegati

### 8.1. *Dettagli dei risultati degli esperimenti*

#### Esperimento 1(prima prova)

	femmina 1	femmina 2	femmina 3	femmina 4	femmina 5	
	secondi	secondi	secondi	secondi	secondi	somma
maschio 1	132	223	164	316	343	1178
maschio 2	104	83	253	79	157	676
somma	236	306	417	395	500	1854
	volte	volte	volte	volte	volte	somma
maschio 1	9	21	8	29	34	101
maschio 2	13	11	9	16	29	78
somma	22	32	17	45	63	179

#### Esperimento 1 (seconda prova)

	femmina 1	femmina 2	femmina 3	femmina 4	femmina 5	
	secondi	secondi	secondi	secondi	secondi	somma
maschio 1	76	371	237	87	168	939
maschio 2	249	109	121	322	78	879
somma	325	480	358	409	246	1818
	volte	volte	volte	volte	volte	
maschio 1	21	16	22	16	25	100
maschio 2	20	14	19	27	19	99
somma	41	30	41	43	44	199

#### Esperimento 2a (abitudine al colore blu)

	femmina 1	femmina 2	femmina 3	femmina 4	femmina 5	
	secondi	secondi	secondi	secondi	secondi	somma
maschio 1	122	203	87	128	71	611
maschio 2	61	196	179	32	244	712
somma	183	399	266	160	315	1323
	volte	volte	volte	volte	volte	somma
maschio 1	23	26	15	17	15	96
maschio 2	18	17	23	9	21	88
somma	41	43	38	26	36	184

Esperimento 2b ( abitudine al color rosso)

	femmina 1	femmina 2	femmina 3	femmina 4	femmina 5	
	secondi	secondi	secondi	secondi	secondi	somma
maschio 1	64	311	240	235	330	1180
maschio 2	319	34	113	201	181	848
somma	383	345	353	436	511	2028
	volte	volte	volte	volte	volte	somma
maschio 1	14	16	18	28	25	101
maschio 2	18	14	15	29	23	99
somma	32	30	33	57	48	200

## 8.2. Test-T

Esperimento 1 (prima prova)

Secondi:

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	5	1178	235.6	8504.3
Row 2	5	676	135.2	5302.2
Column 1	2	236	118	392
Column 2	2	306	153	9800
Column 3	2	417	208.5	3960.5
Column 4	2	395	197.5	28084.5
Column 5	2	500	250	17298

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	25200.4	1	25200.4	2.935861	0.161789	7.708647
Columns	20891.4	4	5222.85	0.608465	0.67896	6.388233
Error	34334.6	4	8583.65			
Total	80426.4	9				

Volte:

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	5	101	20.2	135.7
Row 2	5	78	15.6	62.8
Column 1	2	22	11	8
Column 2	2	32	16	50
Column 3	2	17	8.5	0.5
Column 4	2	45	22.5	84.5
Column 5	2	63	31.5	12.5

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	52.9	1	52.9	2.062378	0.22432	7.708647
Columns	691.4	4	172.85	6.738791	0.045777	6.388233
Error	102.6	4	25.65			
Total	846.9	9				

Esperimento 1 (seconda prova)

Secondi:

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	5	939	187.8	14758.7
Row 2	5	879	175.8	10940.7
Column 1	2	325	162.5	14964.5
Column 2	2	480	240	34322
Column 3	2	358	179	6728
Column 4	2	409	204.5	27612.5
Column 5	2	246	123	4050

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	360	1	360	0.016492	0.904015	7.708647
Columns	15480.6	4	3870.15	0.177292	0.938796	6.388233
Error	87317	4	21829.25			
Total	103157.6	9				

Volte:

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	5	100	20	15.5
Row 2	5	99	19.8	21.7
Column 1	2	41	20.5	0.5
Column 2	2	30	15	2
Column 3	2	41	20.5	4.5
Column 4	2	43	21.5	60.5
Column 5	2	44	22	18

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0.1	1	0.1	0.004684	0.948721	7.708647
Columns	63.4	4	15.85	0.742389	0.610079	6.388233
Error	85.4	4	21.35			
Total	148.9	9				

Esperimento 2a ( abitudine al colore blu)

Secondi:

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	5	611	122.2	2605.7
Row 2	5	712	142.4	8337.3
Column 1	2	183	91.5	1860.5
Column 2	2	399	199.5	24.5
Column 3	2	266	133	4232
Column 4	2	160	80	4608
Column 5	2	315	157.5	14964.5

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	1020.1	1	1020.1	0.165403	0.70505	7.708647
Columns	19102.6	4	4775.65	0.774344	0.594869	6.388233
Error	24669.4	4	6167.35			
Total	44792.1	9				

Volte:

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	5	96	19.2	25.2
Row 2	5	88	17.6	28.8
Column 1	2	41	20.5	12.5
Column 2	2	43	21.5	40.5
Column 3	2	38	19	32
Column 4	2	26	13	32
Column 5	2	36	18	18

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	6.4	1	6.4	0.199067	0.678562	7.708647
Columns	87.4	4	21.85	0.679627	0.641321	6.388233
Error	128.6	4	32.15			
Total	222.4	9				



## Esperimento 2 ( abitudine al colore rosso)

Secondi:

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	5	1180	236	11015.5
Row 2	5	848	169.6	11256.8
Column 1	2	383	191.5	32512.5
Column 2	2	345	172.5	38364.5
Column 3	2	353	176.5	8064.5
Column 4	2	436	218	578
Column 5	2	511	255.5	11100.5

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	11022.4	1	11022.4	0.553906	0.498071	7.708647
Columns	9491.6	4	2372.9	0.119245	0.968366	6.388233
Error	79597.6	4	19899.4			
Total	100111.6	9				

Volte:

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	5	101	20.2	36.2
Row 2	5	99	19.8	38.7
Column 1	2	32	16	8
Column 2	2	30	15	2
Column 3	2	33	16.5	4.5
Column 4	2	57	28.5	0.5
Column 5	2	48	24	2

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0.4	1	0.4	0.096386	0.771715	7.708647
Columns	283	4	70.75	17.04819	0.00887	6.388233
Error	16.6	4	4.15			
Total	300	9				